

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 195 34 165 A 1

⑯ Int. Cl. 9:

⑯ G 03 F 7/213

⑯ G 02 B 26/08

⑯ G 02 B 27/10

⑯ G 02 B 27/09

⑯ B 23 K 26/08

⑯ H 05 K 3/00

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯

11.11.94 DE 44 40 117.5

⑯ Anmelder:

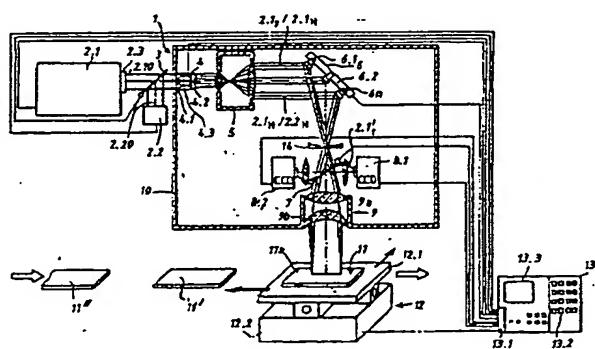
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

⑯ Erfinder:

Schweizer, Jürgen, Dr., 73463 Westhausen, DE

⑯ Verfahren zur Bestrahlung einer Oberfläche eines Werkstücks und Einrichtung zur Bestrahlung einer Oberfläche eines Werkstücks

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestrahlung einer Oberfläche eines Werkstücks unter Verwendung von mehreren diskreten Teilstrahlen. Erfindungsgemäß erfolgt bei der Bestrahlung eine Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht auf einer Oberfläche des zu bearbeitenden Gegenstandes. Dabei wird jeder Teilstrahl einzeln oder in Kombination mit anderen zur Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht durch ein ihm zugeordnetes Element einer Ablenkungsanordnung gelenkt, wobei die gleichzeitige Bestrahlung unterschiedlicher Punkte und Zonen auf einer Oberfläche eines zu bearbeitenden Gegenstandes möglich ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Einrichtung, welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführen kann.



DE 195 34 165 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Verfahren zur Bestrahlung einer Oberfläche eines Werkstücks unter Verwendung von mehreren diskreten Teilstrahlen sowie eine Einrichtung zur Bestrahlung einer Oberfläche eines Werkstücks.

Einrichtungen zur Durchführung derartiger Bestrahlungsverfahren sind seit langem Stand der Technik.

Bei der aus der US-PS 5,268,554 bekannten Einrichtung wird der Strahl eines Lasers über verschiedene Spiegel fokussierend auf die Oberfläche eines zu bearbeitenden Gegenstandes gebracht. Durch Stellelemente kann die Lage eines Umlenkspiegels in zwei Achsen verändert werden und so der Laserstrahl in einer bestimmten Fläche auf der Oberfläche des zu bearbeitenden Gegenstandes auf diskrete Arbeitspunkte geführt werden. Mehrere Belichtungspunkte werden nacheinander bearbeitet. Nachteilig ist außerdem, daß je nach Ablenkung des Laserstrahls der Auf treffpunkt auf der Werkstückoberfläche eine unterschiedliche Größe hat.

Aus der US-PS 5,113,055 ist eine Materialbelichtungseinrichtung bekannt, bei welchem durch ein optisches System aus mehreren hintereinanderliegenden Spiegelsegmenten wahlweise mehrere Punkte auf einer Werkstückoberfläche nacheinander angefahren werden können.

Aus der US-PS 4,553,017 ist eine Mehrstrahlerzeugungsvorrichtung bekannt, bei welcher aus einem Energiestrahl durch ein Gitter mehrere Strahlen erzeugt werden, deren Foki alle auf einer Linie liegen.

Aus der DE-PS 43 28 894 ist eine weitere Strahlaufteilungseinrichtung für Laserstrahlen bekannt, welche aus einem Laserstrahl zwei diskrete Strahlen erzeugt, welche dann auf zwei Punkte auf der Werkstückoberfläche auftreffen (siehe auch EP-PS 0 360 328, DE-PS 41 11 876, DE-PS 27 08 039 und US-PS 4,623,776).

Aus der US-PS 4,713,518 und der US-PS 5,055,653 sind Materialbelichtungseinrichtungen bekannt, bei welchen durch mehrere nebeneinanderliegende Linsen in einer Richtung mehrere diskrete Laserstrahlen aus einem Laserstrahl erzeugt werden.

Aus der US-PS 4,950,862 ist eine Materialbelichtungseinrichtung bekannt, bei welchem ein Laserstrahl durch einen Galvanometerspiegel auf ein Linsenarray gelenkt wird, wobei jeweils eine Linse des Arrays den Strahl auf die Werkstückoberfläche abbildet.

Leiterbahnen auf Leiterplatten z. B. in Metallresist-Technik werden derzeit wie folgt hergestellt (vereinfachte Beschreibung zwischen Bohrvorgang und Aufbringung des Lötstopplacks):

- 1) Eine mit Kupfer oder einem anderen leitfähigen Material kaschierte Kunststoffplatte/-folie wird mit photosensitivem Resist beschichtet.
- 2) Mittels einer Filmmaske wird über eine Projektionsoptik das negative Muster der gewünschten Leiterbahnen auf die in 1) genannte Platte projiziert. Dabei wird geeignetes Licht derart verwendet, daß der Resist an den belichteten Stellen aushärtet. Im allgemeinen ist dies UV-Licht.
- 3) Die belichtete Platte wird in ein Entwicklungsbad getaucht, wobei wie aus dem bekannten Stand der Technik bekannt ist, die unbelichteten Zonen des Resists entfernt werden und die Kupferstrukturen der späteren Leiterbahnen frei werden.
- 4) Auf den freien Kupferbahnen wird galvanisch Kupfer bis zur gewünschten Leiterbahndicke auf-

gebaut.

5) Auf die aufgebauten Kupferbahnen wird z. B. ein Zinn-Blei-Ätzresist galvanisch aufgebracht.

6) In einem geeigneten Ätzbad wird nun der restliche gehärtete Resist entfernt (gestript) und in einem weiteren Ätzbad die nun freien Kupferflächen weggeätzt, wobei die Leiterbahnen dabei durch den Metallresist geschützt sind.

10) Alternativ ist heute besonders für feine Leiterplattenstrukturen auch folgende Methode Stand der Technik:

Prozeß wie zuvor beschrieben, jedoch wird die Leiterplatte LP nun mit einem flüssigen Resist (Photolack) beschichtet, welcher im Gegensatz zum vorigen (Film-)Resist bei Belichtung nicht aushärtet sondern zerstört wird.

15) Nach dem Trocknen des Resists wird nun das positive Muster der gewünschten Leiterbahnen, d. h. das Leiterbahnmuster selbst mit Licht geeigneter Wellenlänge auf die LP projiziert, was an diesen Stellen das Resist zerstört.

20) Die belichtete LP wird in ein Entwicklungsbad getaucht, wobei das zerstörte Resist entfernt wird, so daß die Kupferstrukturen der späteren Leiterbahnen frei werden.

25) Weiteres Vorgehen wie zuvor beschrieben.

Nachteilig ist bei diesem Belichtungsverfahren unter anderem, daß zum Projizieren eine Fotomaske benötigt wird. Die Kanten- bzw. die Linientreue der späteren Leiterbahnen ist abhängig vom Auflösungsvermögen der Fotomaske. Dadurch ist sie aber abhängig von der Fotopixelgröße als kleinster Einheit und vor allem vom "Eigenleben" (d. h. Unstetigkeiten) der Filmmaske. Die Maske verändert ihre Geometrie unter dem Einfluß von Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck. Dies wirkt sich bei der Erzeugung feiner Strukturen (< 100 µm) so störend aus, daß man an Stelle von Filmen teilweise Glasplatten als Maskenträger verwenden muß, was jedoch diesen Prozeßschritt erheblich verteuert.

30) 40) Mit Laserstrahlen geeigneter Wellenlänge (z. B. UV-Laser) können über eine laserlichtresistente Maske wie gesagt vorbehandelte Leiterplatten belichtet werden. Dieses Verfahren weist als Nachteil eine feste Anordnung der Leiterbahnen durch die Strukturierung der Maske auf, wobei eine Änderung der Leiterbahn-Anordnung eine andere Maske erforderlich macht.

45) 50) Es sind aber auch Direktbelichtungseinrichtungen bekannt, bei welchen mittels eines (numerisch geführten) Laserstrahls eine Aushärtung oder Zerstörung der Resistschicht oberhalb der später gewünschten Leiterbahnen oder leiterbahnfreien Fläche erfolgt.

Bei dem Laser-Einzelstrahlverfahren kann man entweder ohne Maske belichten oder eine Materialabtragung durchführen. Der Laserstrahl wird einzeln auf diejenige Stelle gelenkt, an welcher man eine Belichtung bzw. Materialabtragung wünscht. Der große Nachteil ist hier der Zeitbedarf zur Erzeugung einer Vielzahl von Leiterbahnen bzw. leiterbahnfreier Flächen oder von Löchern und Strukturen.

55) 60) 65) Von der Firma Jenoptik ist ein Gerät mit der Bezeichnung DirectPrint 40 bekannt, bei welchem eine Direktbelichtung der Resistschicht auf der mit leitfähigem Material überzogenen Leiterplatte durch einen Laserstrahl erfolgt. Dabei wird der Laserstrahl mittels eines Spiegels über eine mit fotoempfindlichem Resist überzogene Leiterplatte geführt. Diese Anlage ermöglicht zwar die Herstellung recht feiner Leiterbahnen, allerdings in einer als zu lange anzusehenden Bearbeitungs-

zeit.

Auch ein Artikel in Markt&Technik. Nr. 20 vom 15. Mai 1992. Seiten 18 und 19 beschäftigt sich mit diesem Thema. Aus diesem Artikel geht ganz eindeutig hervor, daß der Zeitbedarf bei Direktbelichtungsanlagen für das produzierende Gewerbe als zu hoch angesehen wird. In dem Artikel wird auch die zur Belichtung der fotoempfindlichen Schicht notwendige Energie pro  $\text{cm}^2$  (für einen handelsüblichen Resist) genannt.

Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren für eine schnelle und variabel einsetzbare Materialbelichtungseinrichtung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruchs gelöst.

Die Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht durch mehrere Strahlen gleichzeitig hat den Vorteil, daß der ganze Belichtungsvorgang gegenüber der Belichtung mit nur einem Laserstrahl wesentlich beschleunigt werden kann, ohne daß eine Einschränkung der Variabilität erfolgt. Erst diese Belichtung durch mehrere Laserstrahlen gleichzeitig ermöglicht eine Bearbeitungszeit, welche einen wirtschaftlichen Einsatz derartiger Maschinen ermöglicht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgedankens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand des in den beigefügten Zeichnungen beispielhaft dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei weitere wesentliche Merkmale sowie dem besseren Verständnis dienende Erläuterungen und Ausgestaltungsmöglichkeiten des Erfindungsgedankens beschrieben sind.

Dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Gesamtkonfiguration einer für das Verfahren verwendbaren Einrichtung;

Fig. 2 eine Detailansicht des Auffangmaske;

Fig. 3 eine seitliche Detailansicht der Strahlaufteilungsanordnung;

Fig. 4 eine Ansicht auf die Strahlaufteilungsanordnung;

Fig. 5 eine Ansicht von unten auf ein Element der Ablenkkoptik; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Gesamtkonfiguration gemäß Fig. 1 mit separatem Zoomsystem.

Das in Fig. 1 dargestellte Beispiel einer Realisierung der Einrichtung (1) ermöglicht die Belichtung an einer oder mehreren Stellen bzw. mit derselben Einrichtung (1) die Belichtung an einer oder mehreren Stellen bei nachfolgender oder gleichzeitiger Materialabtragung an einer oder mehreren anderen Stellen zur Erzeugung eines Loch- und Linienmusters bzw. -struktur auf einer Leiterplatte (11), welche mit einem fotoempfindlichen, zu belichtenden Resist überzogen ist.

D.h., die Anlage ist sowohl zur Belichtung einer fotosensitiven Schicht auf einer Leiterplatte (unter Verwendung relativ schwacher UV-Strahlen), als auch zur Erzeugung von Abtragungen bis hin zur Durchgangslocherzeugung geeignet (unter Verwendung relativ starker UV-Strahlen). Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Laserstrahlen zur Abtragung und zur Belichtung ähnliche Wellenlängen besitzen. Excimer-Laserstrahlen mit einer Wellenlänge zwischen 300 und 400 nm ermöglichen sowohl die Belichtung momentan handelsüblicher Resistmaterialien als auch die Materialabtragung (z. B. ein XeF-Laser mit 351 nm Wellenlänge und einer mittleren gepulsten Leistung von 24 Watt). Da die notwendige

Energiedichte zur Belichtung je nach verwendetem Resist (fest oder flüssig) zwischen ungefähr 5 und 130  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  liegt, kann man mit einem derartigen XeF-Laser mehrere hundert Belichtungsstrahlen gleichzeitig erzeugen.

Aber auch andere Laser (z. B. KrF-Laser (Wellenlänge 248 nm), XeCl-Laser (Wellenlänge 308 nm), F<sub>2</sub>-Laser (Wellenlänge 157 nm) ArF-Laser (Wellenlänge 193 nm), oder CO<sub>2</sub>-Laser (Wellenlänge 10-12  $\mu\text{m}$ )) sind je nach dem abzutragenden Material bzw. dem Resist verwendbar.

Leiterplatten (11) werden in vielen Varianten als Aufbauhilfe und Verbindungsmedium von elektrischen und elektronischen Bauteilen in der Elektronik benötigt.

Wesentlich für die Einrichtung (1) ist, daß sie gleichzeitig mehrere Teilstrahlen (2.1, ..., 2.1<sub>N</sub>) hat, welche durch eine steuerbare Anordnung alle auf unterschiedliche, diskrete Punkte auf der Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) gelenkt werden können. Dadurch kann sich das zu erzeugende Loch- oder Linienmuster (belichtete Leiterbahnen oder Abtragungen) auf der Oberfläche (11a) der nacheinander zu bearbeitenden Werkstücke (11, 11', 11'', ...) total unterscheiden.

Zur Erzeugung der einzelnen Strahlen (2.1, ..., 2.1<sub>N</sub>) besitzt die Einrichtung (1) einen Laserstrahl-Eingang mit einer als Strahlaufteilungsanordnung (4) genutzten Mikrolinsen-Optik, in welcher aus dem einfallenden Laserstrahl (2.10, 2.20) mit parallelem Strahlenbündel viele Einzelstrahlen (2.1, 2.1<sub>N</sub>) mit parallelen Strahlengängen erzeugt werden. Die Strahlaufteilungsanordnung (4) ist in den Fig. 3 und 4 genauer dargestellt. Sie besteht im wesentlichen aus zwei hintereinander angeordneten Linsenarrays (4.1, 4.2) aus vielen, flächig angeordneten Einzellinsen (4.11, 4.21), zwischen welchen eine Lochblendenplatte (4.3) (dient zur Verbesserung der Strahlgeometrie; ist nicht unbedingt erforderlich) mit einer entsprechenden Anzahl von Löchern (4.31) angeordnet ist.

Der einfallende Laserstrahl (2.10, 2.20) wird dabei in viele Teilstrahlen ((2.1, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2, ..., 2.2<sub>N</sub>)) zerlegt, welche zueinander einen gewissen räumlichen Abstand haben. Durch eine Veränderung der Linsen (4.21) des hinteren Arrays (4.2) relativ zu den Linsen (4.11) des vorderen Arrays (4.1) kann der Strahldurchmesser der Teilstrahlen ((2.1, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2, ..., 2.2<sub>N</sub>)) verändert werden. Wenn es gewünscht ist, kann man auch einen oder mehrere Durchmesser der Teilstrahlen ((2.1, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2, ..., 2.2<sub>N</sub>)) dadurch verändern, indem man in die Stege (4.4) bzw. die ganzen Stege (4.4) als Stellelemente nach dem bekannten Stand der Technik (z. B. Piezosteilelemente, Hubkolben, usw.) ausführt. Dadurch erreicht man eine Abstandsänderung zwischen den jeweiligen Linsen (4.11, 4.21) der beiden Linsenarrays (4.1, 4.2).

Je nach Strahlqualität des aus dem Hauptlaser (2.1) kommenden Laserstrahls (2.10) kann dieser vor dem Auftreffen auf diese Strahlaufteilungsanordnung (4) mit einem Linsenraster (2.3) gemäß der DE-PS 39 18 293 mit einer nachfolgenden Anordnung zum Parallelisieren des Laserstrahls (2.10) in seiner Strahlqualität homogenisiert werden.

An Stelle des Laserstrahls (2.10) aus dem Hauptlaser (2.1) kann der Laserstrahl (2.20) des Ziellasers (2.2) durch die Strahlaufteilungsanordnung (4) dringen, welches durch einen Strahlenteiler (3) in den Strahlengang des Hauptlasers (2.1) eingekoppelt wird und für welchem der fotoempfindliche Resist auf der Leiterplat-

te nicht empfindlich ist. Dabei muß dann die Beschichtung des Strahlenteilers (3) so ausgelegt sein, daß der Laserstrahl (2.10) des Hauptlasers (2.1) gezielt variabel abgeschwächt werden kann oder möglichst ungestört mit möglichst geringem Verlust durch den Strahlenteiler (3) hindurchgeht, während der Laserstrahl (2.20) des Ziellasers (2.2) möglichst vollständig in den Hauptstrahlengang eingekoppelt wird.

Die Strahlabschwächungseinrichtung am Strahlenteiler (3) zur Durchführung der Belichtung kann dabei nach dem bekannten Stand der Technik ausgeführt werden. Er hat die Aufgabe, die für eine Materialbearbeitung (d. h. Schichtabtragung) dimensionierte Laserlichtenergie derart abzuschwächen, daß auf der Bearbeitungsebene, d. h. auf der Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) nur noch für die Belichtung notwendigen Energiedichten von ca. 5 bis 130 mJ/cm<sup>2</sup> erreicht werden anstelle der 750 bis ca. 3000 mJ/cm<sup>2</sup>, welche für die Materialabtragung (z. B. Strukturierung von Kunststoffen wie z. B. Polyimid-Folien) notwendig sind. Diese Energiedichten sind jedoch abhängig von den Materialkonstanten des zu bestrahlenden Materials und können wesentlich geringer oder höher sein als die angegebenen Werte.

Durch den Strahlenteiler (3) und durch die Strahlenaufteilungsanordnung (4) geht eine gewisse Menge der Strahlenenergie verloren. Insbesondere in der Strahlenaufteilungsanordnung (4) verliert der Laserstrahl (2.10, 2.20) an den Kanten der Linsen (4.11) und an der Lochblende (4.3), welche gegebenenfalls gekühlt werden sollte, eine nennenswerte Energiemenge. Insbesondere tritt ein nennenswerter Verlust an Laserenergie um das Array (4.1) ein, welcher durch eine optimierte Anordnung der einzelnen Linsen (4.11) des Arrays (4.1) minimiert werden kann.

Hinter der Strahlenaufteilungsanordnung (4) ist ein optisches Vergrößerungssystem (5) angeordnet, welches die aus der Strahlenaufteilungsanordnung (4) kommenden Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) den Abmessungen der Ablenoptik (6) anpaßt. Die Ablenoptik (6) ist in Fig. 5 detaillierter dargestellt.

Die Ablenoptik (6) besteht im wesentlichen aus einer Vielzahl von Einzelementen (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) mit verspiegelten Oberflächen (6.2), welche z. B. jeweils über drei Stellelemente (6.10, 6.20, 6.30) (z. B. Piezokristalle, Hubelemente, usw.) in drei Achsen bewegt werden kann. Die von der Ablenoptik (6) reflektierten Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) fallen dann auf ein Scanobjektiv (9), welches für eine Fokussierung der Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) auf der Oberfläche (11a) der zu belichtenden Leiterplatte (11) sorgt. Gleichzeitig stellt der Einsatz des Scan-Objektivs (9) sicher, daß die Laserstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) senkrecht oder zumindest nahezu senkrecht auf die Oberfläche (11a) des zu belichtenden Gegenstandes (11) fallen.

Vor dem Scan-Objektiv (9) ist eine Auffangmaske (14) angebracht, welche alle Strahlenbündel von ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) auffängt, welche nicht die Werkstückoberfläche (11a) erreichen sollen. Diese Auffangmaske (14) ist so gestaltet, daß sie die auf sie fallenden Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) vernichtet. Da dies zu einer starken Erwärmung der Maske (14) führen kann, sollte sie gegebenenfalls entsprechend intensiv gekühlt werden.

Zwischen Auffangmaske (14) und Scan-Objektiv (9) ist noch ein Strahlenteiler (7) angebracht, welcher einen kleinen Teil des auf ihn fallenden Laserlichts ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) in Richtung auf eine Kamera (8.2)

ablenkt. Diese Kamera (8.2) ist eine CCD-Kamera mit einer so großen Auflösung, daß mit ihr die Position der Laserstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) auf der Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) ausreichend genau kontrolliert werden kann. Die Kamera (8.2) dient dabei der Kontrolle der Ablenoptik (6). Wenn der Laserstrahl ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, 2.2<sub>N</sub>)) durch das Scan-Objektiv (9) auf die Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) gefallen ist, wird von dieser ein kleiner Teil der Laserstrahlung ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) wieder zurückreflektiert. Dieses zurückreflektierte Laserlicht ((2.1'<sub>1</sub>, ..., 2.1'<sub>N</sub>), (2.2'<sub>1</sub>, ..., 2.2'<sub>N</sub>)) geht wieder durch das Scan-Objektiv (9) und wird an dem Strahlteiler (7) auf eine zweite Kamera (8.1) gelenkt.

Auch diese zweite Kamera (8.1) ist eine CCD-Kamera, welche eine genügend große Auflösung der zu betrachtenden Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) besitzt. Mittels dieser Kamera (8.1) kann der Arbeitsfortschritt der Laserstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) auf der Werkstückoberfläche (11a) kontrolliert werden und ermittelt werden, wo die Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) tatsächlich auf die Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) auftreffen.

Das zu belichtende Werkstück (11) selber befindet sich auf einem X-Y Träger (12), welcher das Bewegen des Werkstücks (11) in einer Ebene (X, Y) ermöglicht. Wenn das Werkstück (11) (z. B. eine Leiterplatte) eine Größe hat, welche über die mögliche Belichtungsgröße der Einrichtung (1) hinausgeht, wird dieser Träger (12) nach der beendeten Bestrahlung einer Flächeneinheit Bo verfahren, daß nahtlos eine benachbarte Flächeneinheit bearbeitet werden kann. Die Einstellgenauigkeit des Trägers (12) ist dabei so hoch, daß die Abweichungen der Bestrahlungspunkte vom Sollmaß genügend groß unterschritten wird.

Alle veränderbaren Elemente (2.1, 2.2, 3, 4.2, (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>), 7, 12) der Einrichtung (1) sind mit dem Eingang und dem Ausgang (13.1) einer Steuerung (13) verbunden.

Die Steuerung (13) unterscheidet zwischen Materialabtragung und Belichtung und aktiviert bzw. steuert dazu den Strahlabschwächer an dem Strahlenteiler (3). Dieser Strahlabschwächer kann so aufgebaut sein, daß er nur einzelne diskrete Strahlen oder aber alle Strahlen gleichzeitig abschwächt.

Außerdem sind die Kameras (8.1, 8.2) mit dem Eingang der Steuerung verbunden. Durch die Verbindung der Steuerung (13) mit den veränderbaren Elementen (2.1, 2.2, 3, 4.2, (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>), 7, 12) sowie der Kameras (8.1, 8.2) erhält diese eine Meldung über den Stellzustand der einzelnen veränderbaren Elemente (2.1, 2.2, 3, 4.2, (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>), 7, 12) und besitzt die Möglichkeit, diese gezielt zu verstetzen. Die Steuerung (13) beinhaltet Regelkreise, welche sicherstellen, daß die Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) in der gewünschten Art und Weise bestrahlt wird. Zudem hat die Steuerung (13) eine Eingabe (13.2), um neue Bestrahlungsparameter einzugeben. Außerdem besitzt sie mindestens einen Monitor (13.3). Durch die Steuerung (13) können die angeschlossenen Teile der Einrichtung (1) eingestellt werden, bzw. die Strahlenteiler (3, 7) auf Wunsch auch aus dem Strahlengang hinausgeklappt werden.

Die Funktionsweise der Einrichtung und deren Betrieb der an der zentralen Steuerung (13) ein- und ausschaltbaren Anlage (1) kann prinzipiell in folgenden Betriebsarten unterteilt werden:

- Stand-By Betrieb;
- Prüf- bzw. Überwachungsbetrieb;

- Einrichtbetrieb; und
- Arbeitsbetrieb.

Nach dem Einschalten geht die Anlage in den Prüf- bzw. Überwachungsbetrieb, in der alle an der Steuerung (13) angeschlossenen Komponenten auf Fehler überprüft werden. Im fehlerfreien Fall schaltet die Steuerung (13) die Anlage (1) dann in den Stand-By Betrieb, in dem alle Komponenten zwar betriebsbereit aber nicht aktiv sind.

Die Funktionsweise der Anlage wird mit der Beschreibung des Einricht- und Arbeitsbetriebes noch später erläutert.

Der von der Steuerung (13) gesteuerte Koordinaten- tisch (12) positioniert das Werkstück (11) bzw. dessen zu bearbeitenden Teil der Oberfläche (11a) im Einrichtbetrieb in den Arbeitsbereich unterhalb des Scanobjektives (9). Nach einer Überprüfung des Vorhandenseins des Werkstückes (11) mittels der Beobachtungsanlage (8.1) wird das auf dem Werkstück (11) gewünschte Loch- bzw. Linienbild mittels Ziel-Laserstrahlen wie folgt eingestellt:

Ausgehend von der Steuerung (13) erzeugt entweder der Arbeitslaser (2.1) den Laserstrahl (2.10), welcher durch den eingeklappten Strahlteiler (3) derart zu einem Laserstrahl abgeschwächt werden kann, daß er auf dem Werkstück (11) keine belichtende Wirkung mehr hat, sondern nur noch von den Beobachtungssystemen (8.1) und (8.2) beobachtbare Lichtpunkte erzeugt, oder es wird von der Steuerung (13) ein sog. Pilot- oder Ziellaser (2.2) aktiviert, der über den Strahlteiler (3) einen Laserstrahl (2.20) in das Bestrahlungsgerät (1) schickt, der auf dem Werkstück (11) ebenfalls nur beobachtbare Lichtpunkte erzeugt, ohne daß die fotoempfindliche Schicht dabei so belichtet wird, daß bei späteren Bearbeitungsschritten an den Lichtpunkten eine störende Änderung erzeugt wird.

Der Laserstrahl (2.1) oder (2.2) wird nun durch die Mikrolinsenoptik (4), im wesentlichen bestehend aus den Mikrolinsenfeldern (4.1) und (4.2) sowie einer Feldblende (4.3), in eine Anzahl von Einzelstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) zerlegt, entsprechend der Anzahl der Mikrolinsen (4.11, 4.21). Dies geschieht im wesentlichen durch eine geeignete Anordnung der Mikrolinsenfelder (4.1) und (4.2) zueinander. Die nun parallel zueinander verlaufenden Einzelstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) werden vorteilhaft mittels einer Vergrößerungsoptik (5) aufgeweitet und vergrößert.

Die nun deutlich voneinander separierten aber noch in fester gegenseitiger geometrischer Anordnung sich befindenden Einzelstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) treffen nun auf ein Kippspiegelfeld (6), welches als Ablenkeinheit dient. Die einzelnen Kippspiegel (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) sind dabei vorteilhaft im Kippspiegelhalter (6.2) derart fixiert, daß jeder einzelne Laserstrahl (2.1<sub>n</sub>) genau einen und stets den gleichen Kippspiegel (6<sub>n</sub>) trifft, für alle n von 1 bis N Einzelspiegel.

Die Elemente des Kippspiegels (6) reflektieren nun je nach ihrer Einstellung die Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) derart, daß sie im regulären Betrieb alle durch die Öffnung der Auffangmaske (14) hindurchgehen und auf den Strahlteiler (7) treffen. Sollen gewisse Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) nicht auf das Werkstück (11) treffen, so werden über die Steuerung (13) die entsprechenden Kippspiegel (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) derart angesteuert und verstellt, daß diese Strahlen (16.1, ..., 16.M) in die Auffangmaske (14) gelenkt werden (während die erwünschten Strahlen im Strahlenbüschel (15) hindurch-

gehen), siehe Fig. 2.

Die Auffangmaske (14) absorbiert die auf sie treffenden Strahlen 16.m, m = 1 bis M vollständig.

Der Strahlteiler (7) leitet einerseits das Bild der von 5 den Spiegeln (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) durch die Auffangmaske (14) hindurchkommenden Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) in das Beobachtungssystem (8.2), welche es auswertet und das Ergebnis der Steuerung (13) übermittelt. Stimmen Soll- und Ist-Strahlbild nicht überein, kann die 10 Steuerung (13) eine Korrektur durch geeignete Ansteuerung der entsprechenden Kippspiegel (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) vornehmen.

Die durch den Strahlteiler (7) hindurchgehenden Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) werden in dem 15 sogenannten Scanobjektiv (9) nun derart optisch geführt, daß sie nach Verlassen des Scanobjektivs (9) telezentrisch verlaufen und auf die Oberfläche (11a) des Werkstückes (11) fokussiert sind. Da es sich im Einrichtbetrieb nur um die energiearmen Zielstrahlen (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>) handelt, erzeugen diese auf dem Werkstück (11) nun lediglich Lichtpunkte an den Orten, an denen dann 20 später die energiereichen Strahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) das Werkstück (11) bestrahlt werden. Diese Lichtpunkte werden auf der Oberfläche des Werkstückes (11) reflektiert, und das Bild dieser Lichtpunkte wird nun "rückwärts" durch das Scanobjektiv (9) und über den Strahlteiler (7) in das Beobachtungssystem (8.1) geleitet, dort 25 ausgewertet und das Ergebnis der Steuerung (13) übermittelt. Stimmen Soll- und Ist-Strahlpunktbild auf der Oberfläche (11a) des Werkstückes (11) nicht überein, kann die Steuerung (13) eine Korrektur durch geeignete Ansteuerung der entsprechende Kippspiegel (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) vornehmen. Die absolute Richtigkeit der Lage aller 30 Lichtpunkte kann über auf dem Werkstück (11) vorhandene Marker, welche so ausgeführt sind, daß sie vom Beobachtungssystem (8.1) erkannt werden, überprüft werden.

Stimmen Soll- und Ist-Strahlpunktbild im Rahmen der Fehlertoleranz überein, so ist der Einrichtbetrieb 40 erfolgreich beendet und die Steuerung (13) kann in den Arbeitsbetrieb schalten (automatisch) oder geschaltet werden (manuell).

Im Einrichtbetrieb wurden die Kippspiegel (6.n) so eingestellt, daß die Strahlen des Ziellasers (2.2) auf den 45 vorgesehenen Orten der Werkstückoberfläche (11a) liegen. Im Arbeitsbetrieb wird nun der Strahlteiler (3) aus dem Strahlengang herausgeklappt (und sofern der Ziellaser (2.2) benutzt wurde, wird dieser jetzt ausgeschaltet und der Arbeitslaser (2.1) aktiviert) und der Arbeitslaserstrahl (2.10) geht jetzt mit voller Intensität in die optische Anordnung, durchläuft den gleichen optischen Weg wie der Ziellaser (2.2) und die durch die Auffangmaske (14) passierenden Laserstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) belichtet die fotoempfindliche Schicht auf dem Werkstück (11) und erzeugt gegebenenfalls gleichzeitig eine Materialabtragung.

Nach Beendigung der Bestrahlung durch die Laserstrahlen (2.1<sub>1</sub>, 2.1<sub>N</sub>) an den ausgewählten Stellen am Werkstück (11) wird wieder in den Einrichtbetrieb geschaltet und nun kann der X-Y-Koordinatentisch (12) 60 das Werkstück (11) derart verschieben, daß die nächste zu bearbeitende Zone des Werkstückes (11) in den Einflußbereich der Laserstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) unterhalb des Scanobjektivs (9) positioniert wird. Anschließend wird wieder der Zielvorgang gestartet.

Sind im Einflußbereich der Laserstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) mehr Stellen zu bestrahlen als

Laserstrahlen ( $(2.1_1, \dots, 2.1_N), (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) vorhanden sind, so werden nach Beendigung des 1. Arbeitsvorganges lediglich die entsprechenden Spiegel ( $6_1, \dots, 6_N$ ) derart angesteuert, daß die Laserstrahlen ( $(2.1_1, \dots, 2.1_N), (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) an die gewünschten neuen Positionen gelenkt werden. Überzählige Laserstrahlen ( $(2.1_1, \dots, 2.1_N), (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) werden von den entsprechenden Spiegeln ( $6_1, \dots, 6_N$ ) in die dafür vorgesehene Auffangmaske (14) gelenkt.

Sowohl zur Materialabtragung als auch zur Resistbelichtung können die Spiegel ( $6_1, \dots, 6_N$ ) auch bei laufendem Arbeitslaser (2.1) verstellt werden, es lassen sich damit kontinuierliche Strukturen auf bzw. in dem Werkstück (11) erzeugen.

Als Hauptlaser (2.1) eignet sich bei Leiterplatten (11) insbesondere (gepulste) UV-Laser mit einer Wellenlänge, für welche sowohl die fotoempfindliche Schicht sensibel ist als auch ein Materialabtrag erfolgen kann (vorteilhaft für die konstruktive Auslegung der optischen Elemente). Ein derartiger Laser (2.1) kann mit einer Pulsfrequenz von z. B. 100–200 Hz kontrolliert betrieben werden. Eine typische Leiterbahnbreite liegt bei rund 50  $\mu\text{m}$ . Der Energieverlust an der Strahlenaufteilungsanordnung (4) liegt in der Größenordnung von 50%, kann aber durch geeignete Ausgestaltung reduziert werden. Die Strahlenaufteilungsanordnung (4) erzeugt, je nach Ausgestaltung, mehrere hundert Einzellaaserstrahlen ( $(2.1_1, \dots, 2.1_N), (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) (z. B.  $30 \times 30, 50 \times 50$  usw.), welche durch eine entsprechende Anzahl von Elementen ( $6_1, \dots, 6_N$ ) in der Ablenkungsoptik (6) individuell auf der Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) verteilt werden können.

Bei der Materialbestrahlungseinrichtung (1) erfolgt eine Bestrahlung einer Oberfläche (11a) eines Werkstücks (11) unter Verwendung von mehreren diskreten Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ). Dabei wird jeder Teilstrahl ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) durch ein ihm zugeordnetes Element ( $6_1, \dots, 6_N$ ) einer Ablenkungsanordnung (6) gelenkt, so daß die gleichzeitige Bestrahlung möglicherweise unterschiedlicher Punkte und Zonen auf einer Oberfläche (11a) eines zu bearbeitenden Gegenstandes (11) möglich ist. Die Lage der einzelnen Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkungsanordnung (6) sind durch eine Steuerung (13) gezielt veränderbar und die einzelnen Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkoptik (6) sind jeweils diskret zumindest in einer Koordinatenrichtung in ihrer Lage verstellbar. Dabei kann bei der Bestrahlung eine Materialabtragung und eine Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht auf einer Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) entweder nacheinander oder gleichzeitig erfolgen.

Bei der Einrichtung sind die Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) vor der Ablenkungsanordnung (6) zueinander determiniert oder symmetrisch angeordnet.

Die Dreipunkte der Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkungseinrichtung (6) der Einrichtung sind alle auf einer durchaus gewölbten Fläche angeordnet, welche aber auch eben sein kann.

Die auf die Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkungsanordnung (6) fallenden Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) sind zu ihrem jeweiligen Hauptstrahl achsensymmetrisch.

Auch die von den Elementen ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkungsanordnung (6) kommenden Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) zu ihrem jeweiligen Hauptstrahl sind achsensymmetrisch.

In der Ablenkungsanordnung (6) können als ablenkende Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) beugende und/oder reflektierende Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) verwendet werden.

Hier ist die Ablenkungsanordnung (6) aus reflektierenden Elementen (6) aufgebaut, wobei jedes reflektierende Element ( $6_1, \dots, 6_N$ ) ein Spiegel ist.

Die Ablenkungsanordnung (6) ist aus Segmenten ( $6_1, \dots, 6_N$ ) aufgebaut, wobei die Segmente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) einzeln beweglich in oder um zumindest einer Koordinatenachse sind.

Hier sind die Segmente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) in oder um zwei Koordinatenachsen beweglich.

Die Oberfläche (6.2) des reflektierenden Elements ( $6_1, \dots, 6_N$ ) ist hier plan.

Hinter der Ablenkungseinrichtung (6) ist eine abbildende Optik (9) angeordnet.

Die Belichtungsstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) verwenden Laserlicht.

Hinter dem Laser (2.1) ist ein Strahlhomogenisierer (2.3) angebracht.

Der Laser (2.1) wird im gepulsten Betrieb verwendet.

Die Intensität eines Laserstrahls ist so gewählt, daß keine unbeabsichtigte Belichtung angrenzender Bereiche erfolgt.

Die Strahlaufteilungsanordnung (4) teilt den Hauptstrahl (2.1) in mehrere diskrete Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) auf und ist vor der steuerbaren Ablenkungsanordnung (6) angeordnet.

Sie ist aus mehreren Linsen (4.11.4.21) aufgebaut.

Die Strahlaufteilungsanordnung (4) ist aus zwei Arrays (4.1, 4.2) aufgebaut, welche dafür sorgen, daß nach der Strahlaufteilungsanordnung (4) die einzelnen Strahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N, (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) einen gewissen Abstand zueinander haben.

Die Strahlaufteilungsanordnung (4) erzeugt eine dreidimensionale Verteilung der erzeugten Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N, (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ).

Hinter der Strahlaufteilungsanordnung (4) ist ein optisches Vergrößerungssystem (5) angeordnet.

In die Einrichtung wird zur Belichtung eine mit einem fotoempfindlichen Resistmaterial überzogene Leiterplatte eingeführt.

Der Strahlenverlauf der Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N, (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) vor der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche hat einen telezentrischen Verlauf.

Die Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N, (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) treffen das zu bearbeitende Teil unter einem Winkel  $\alpha$ , welcher den jeweiligen Anforderungen der Materialabtragung/-belichtung genügt und vorteilhafterweise kleiner als  $5^\circ$  ist.

In der Einrichtung (1) ist ein Zoomsystem (5) zur Erzeugung variabler Strahldurchmesser in der Bearbeitungsebene enthalten.

Ein möglicher prozeßtechnischer Ablauf bei der Leiterplattenproduktion durch das erfundungsgemäße Gerät kann wie folgt beschrieben werden:

1) Entwurf einer Leiterplatte auf einem Computer (z. B. einem CAD-System) wie bisher, bzw. Handentwurf.

2) Überspielung der erzeugten Datensätze für die Leiterplatte auf den Computer des erfundungsgemäßen Systems bzw. Eingabe der Daten von Hand.

3) Zuleitung der mit Resistmaterial bzw. fotosensitiven Lack beschichteten und mit leitfähigem Material kaschierten Leiterplatte-Grundplatte in die Einrichtung. (Alternativ muß bei der Verwendung von fotosensitivem elektrodeposit Resist die unbelandelte, d. h. resistfreie Grundplatte der Anlage zugeführt werden.)

4a) Erzeugung der Strukturen (Durchgangslöcher,

Sacklöcher, Gräben usw.) auf bzw. in der Platte durch einen Laser zur Materialabtragung. (Der Photoresist ist dabei kein Hindernis für einen Excimer-Laserstrahl mit z. B. 1000 mJ/cm<sup>2</sup> Energiedichte.) Wenn ein fotosensitiver elektrodeposit Resist verwendet wird, wird der Resist nach diesem Bearbeitungsschritt aufgetragen.

4b) Belichtung der Platte mit einem auf z. B. 70 mJ/cm<sup>2</sup> abgeschwächten Leistungslaser oder mit einem eingekoppelten entsprechend leistungsschwächeren zusätzlichen Hauptlaser (eingekoppelt wie der schon beschriebene Ziellaser) zur Belichtung derart, daß die gewünschten Leiterbahnstrukturen in das Fotoresistmaterial eingebracht werden.

Verfahrensschritte 4a) und 4b) können dabei nacheinander oder auch gleichzeitig (nicht bei der Verwendung mit fotosensitivem elektrodeposit Resist) durchgeführt werden.

5) Entnahme der so strukturierten und belichteten Platte zur weiteren galvanischen Behandlung, wie aus dem Stand der Technik bekannt.

Der besondere Vorteil dieser Herstellung von Leiterplatten ist, daß man feine genaue Strukturen in bisher nicht erreichbarer minimaler Zeit erzeugen kann. Außerdem entfallen im Vergleich zu dem Stand der Technik in der Leiterplattenherstellung einige Arbeitsschritte und Bearbeitungsmaschinen, da eine einzige Anlage nun sowohl die Erzeugung von Leiterbahnen als auch die Erzeugung von Abtragungen bewirkt.

Die Einrichtung (1) zum Belichten von Leiterbahnen auf Leiterplatten (11) und zur Erzeugung von Materialabtragungen, welche für die Belichtung mit einem fotoempfindlichen Lack überzogen sind, besitzt die folgenden Vorteile:

- a) Keine Beschränkung der Leiterbahnbreite bzw. der Lochdurchmesser nach unten, d. h. Leiterbahnen bis zu einer Breite bzw. Löcher bis zu einem Durchmesser von kleiner als 5 bis 30 µm sind möglich;
- b) keine masken- oder filmabhängige feste Anordnung der Leiterbahnen und Löcher, sondern variabel einstellbares Leiterbahnbild bzw. Lochbildmuster (d. h. höchste Flexibilität der Fertigung);
- c) keine Laser-Maske mehr und somit auch bessere Ausnutzung des erzeugten Laser-Lichtes;
- d) geometrisch gute Leiterbahnformen bzw. Lochbildformen;
- e) variable, frei programmierbare Leiterbahn- bzw. Lochmusterbilder;
- f) Leiterbahn- bzw. Lochmusterbilder mit variabler, frei programmierbarer Leiterbahn- bzw. Lochmustersdichte;
- g) variable, frei programmierbare Leiterbahn- bzw. Lochmusteranzahl je Leiterplatte;
- h) geringe Bearbeitungszeit;
- i) Strukturierbarkeit der Leiterplattenoberfläche (d. h. z. B. Erzeugung von erhabenen Leiterbahnen bzw. Leiterbahnen in unterschiedlichen Ebenen);
- j) hohe Positionsgenauigkeit der Leiterbahnen bzw. Löcher;
- k) Verwendung verschiedener Laser bzw. Laserstrahl-Wellenlänge möglich; und
- l) Einbaumöglichkeit in eine Belichtungs- bzw. Bearbeitungsstraße, wobei die Werkstücke auf der Belichtungs- bzw. Bearbeitungsstraße automatisch

zu bzw. wieder von der Belichtungs- bzw. Bearbeitungsstation automatisch weg befördert werden können.

5 In Fig. 6 ist nochmal die Einrichtung (1) aus Fig. 1 dargestellt, wobei die Strahlquerschnittsveränderung durch ein separates Zoom-System erfolgt. Das Zoom-System ist integraler Bestandteil der Vergrößerungsoptik (5). Anstelle der bisherigen Vergrößerungsoptik (5) hat diese nun mindestens eine weitere Linse (5.1, 5.2, 5.3), wobei mindestens auch eine Linse (5.2, 5.3) relativ zur Eingangslinse (5.1) in der optischen Achse verstellbar ist. Die Verstellung kann so erfolgen, daß die aus der Strahlenaufteilungsanordnung (4) kommenden symmetrisch Strahlen die Vergrößerungsoptik (5) auch wieder symmetrisch verlassen.

Auf die Strahlenaufteilungsanordnung (4) könnte im vorab beschriebenen Beispiel verzichtet werden, wenn man in die Bestrahlungseinrichtung (1) gleich mehrere Einzelstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) eingeibt. Die verwendeten Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) brauchen keine Laserstrahlen sein, wie dies in der Figurenbeschreibung der Fall ist. Es lassen sich auch andere ablenkbaren Strahlen verwenden, wobei man z. B. die Strahlerzeugung bei schwer ablenkbaren Strahlen, bzw. bei Strahlen, bei welchen eine Ablenkung zu viel Energieverlust bedeutet, direkt an oder auf die Ablenkanordnung (6) verlegen kann. Dies kann z. B. die Austrittsöffnung eines CO<sub>2</sub>-Lasers sein oder eine Laserdiode. Letztendlich kann eine Minimalrealisierung des erfundungsgemäßen Gedankens in einer bzw. mehreren Anordnungen zur Erzeugung der Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) sowie in einer, für die jeweiligen Strahlen geeigneten Anordnung (6) zur Lenkung dieser Strahlen bestehen.

Insbesondere die vorab beschriebene Verwendung von Laserstrahlen (2.10, 2.20) läßt viele Möglichkeiten zur Erzeugung von Einzelstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) zu, welche direkt oder im nachhinein eine zueinander parallele Ausrichtung mit einem gewissen Abstand zueinander erhalten. Die einzelnen Strahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) können auf vielfältige Art und Weise (Gitter, Strahlenteiler, ...) erzeugt und später geformt werden. Die im Beispiel erwähnte und erläuterte Erzeugungsweise ist momentan lediglich die einfachste und kostengünstigste. Insbesondere ein Laserdiodenarray (d. h. flächig angeordnete Laserdioden) mit geeigneter Frequenz und Energiedichte bei ausreichendem Querschnitt dürfte zukünftig eine konkurrierende Art der Erzeugung der Teilstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) sein.

Auf die Aufweitungsoptik (5) nach der Strahlaufteilungsanordnung (4) kann verzichtet werden, wenn die aus der Strahlaufteilungsanordnung (4) austretenden Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) schon den gewünschten Querschnitt aufweisen.

Auf die Auffangmaske (14) kann verzichtet werden, wenn die Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) von der Ablenkanordnung (6) außerhalb der zu bearbeitenden Oberfläche (11a) auf ein dafür geeignetes Gebiet gelenkt werden können.

Auf eine der beiden Strahlkontroll-Kameras (8.1, 8.2) kann verzichtet werden, wenn man zum einen ausreichend Zeit bei der Bestrahlung hat oder Fehlschüsse bei der Bestrahlung zuläßt, bzw. sicherstellen kann, daß die Strahlablenkung (6) immer in gewünschter Art und Weise erfolgt (Kontrolle der Ablenkanordnung).

Auf das Scan-Objektiv (9) kann verzichtet werden,

wenn man am Rand auch eine schräge Materialbestrahlung zuläßt bzw. die Abmessungen der zu bearbeitenden Oberfläche (11a) dies zuläßt.

Auf den X-Y-Werkzeugtisch (12) kann verzichtet werden, wenn die zu bearbeitende Oberfläche (11a) nie größer sein kann als die Auslenkmöglichkeiten der Ablenkanordnung (6).

Auch die Ablenkanordnung (6) kann in der Praxis anders aussehen, auch wenn man Laserstrahlen ((2.1, ..., 2.1N), (2.2, ..., 2.2N)) verwendet. Anstelle der spiegelnden Flächen kann man auch die anderen bekannten Arten der Strahlablenkung (bei Laserstrahlen z. B. Plallinsenpaar oder Drehkeilpaar) verwenden, wobei die Verwendung von brechenden Körpern einen größeren Energieverlust bedeutet.

Auf die Verwendung des Ziellasers (2.2) kann verzichtet werden, wenn der Arbeitslaser (2.1) zur Strahlpositionsbestimmung auf der Werkstückoberfläche (11a) durch den Strahlteiler (3) genügend abgeschwächt werden kann.

Die verwendeten Strahlenquerschnitte brauchen nicht wie dargestellt rund sein, sondern können jede gewünschte und nach dem bekannten Stand der Technik mögliche Form haben.

Das Scan-Objektiv (9) braucht nicht unbedingt aus zwei hintereinander angeordneten Linsen (9.1, 9.2) bestehen, sondern die Linsenzahl kann sowohl in der Bestrahlungssachse als auch in den dazu senkrecht stehenden Koordinatenachsen variieren.

Auf die Strahlaufteilungsanordnung (4) kann auch verzichtet werden, wenn diese Aufgabe durch z. B. die Ablenkungsanordnung (6) übernommen wird.

Anstelle der zu der Fig. 1 erläuterten Strahlabschwächung des Hauptlasers kann für die Belichtung der fotosensitiven Schicht ein anderer Laser verwendet werden als der zur Materialabtragung verwendete Laser. Durch eine weitere Strahlteilung, welche gegebenenfalls klappbar ausgeführt ist, kann dann sowohl der Hilfs- bzw. Ziellaser (2.2) und der Belichtungslaser in den Hauptstrahlengang eingekoppelt werden. Alle drei Laser werden dann alternativ oder aber in geeigneter Kombination verwendet. Die realisierbaren Einrichtungen können einzelne Elemente der Ablenkeinrichtung (Spiegelemente) selektiv bestrahlen. Sie können wahlweise oder ausschließlich mit einer Belichtungsstrahlenquelle (z. B. 3 Watt mittlere Leistung bei z. B. einer Wellenlänge von vorteilhafter Weise bei 364 nm) und einer Materialabtragsstrahlenquelle (z. B. 60 Watt mittlere Leistung bei einer Wellenlänge von vorteilhafter Weise bei 308 nm) bestrahlt werden.

Die Veränderung des Strahldurchmessers kann wie beschrieben durch die Strahlaufteilungsanordnung (4) oder durch ein separates Zoom-System erfolgen.

Die Integration des separaten Zoom-Systems sollte dabei sinnvoller Weise zwischen der Strahlaufteilungsanordnung (4) und der Aufweitungsoptik (5) erfolgen. Dieses Zoomsystem kann dann unterschiedliche Strahldurchmesser sowohl für die Lasermaterialabtragung als auch für die Belichtung erzeugen und zwar abhängig von seinem konstruktiven Aufbau nach dem bekannten Stand der Technik entweder für alle Strahlen gemeinsam oder nur für einen Teil der Strahlen bzw. mehrere unterschiedliche Strahldurchmesser für verschiedene Strahlen.

Damit können dann Strukturen unterschiedlicher Größe erzeugt bzw. belichtet werden und zwar in einem Schritt zur gleichen Zeit oder nacheinander, ohne daß eine Überlagerung mehrerer feiner Strukturen erfor-

derlich ist.

Der Durchmesser bzw. die Breite der Löcher und Leiterbahnen sollte dabei sinnvoller Weise zwischen 5 und 40/100  $\mu\text{m}$  liegen.

5 Anstelle des fotoempfindlichen Resists auf der mit einem leitfähigen Material beschichteten Leiterplatte kann die Erzeugung der Leiterbahnen auch dadurch geschehen, daß ein feines Pulver eines leitfähigen Materials (z. B. fotosensitivem elektrodeposit Resist, erhältlich z. B. bei den Firmen Nippon Paint Co., Ltd. oder Fuji Machinery Manufacturing and Electronics Co., Ltd. Osaka, Japan) auf die Leiterplatte in einer dünnen Schicht aufgetragen wird, welches unter der Einwirkung eines Laserstrahls zu einer geschlossenen, durchgängigen Leiterbahn fest mit der Leiterplatte verbunden wird. Das nicht bestrahlte Pulver kann dann nach der Bestrahlung von der Leiterplatte leicht entfernt werden. Die entsprechenden Materialien sind aus dem bekannten Stand der Technik bekannt (siehe oben).

10 Denkbar ist auch die Verwendung der Einrichtung zur Bestrahlung eines nichtleitenden Material mit Laserlicht, um dieses in den leitenden Zustand zu überführen, wobei Leiterbahnen erzeugt werden. Diese Materialien sind aus dem bekannten Stand der Technik bekannt.

15 Die Einrichtung erlaubt durch eine entsprechende Fokussierung des Laserstrahls Leiterbahnen in jeder gewünschten Tiefe zu erzeugen. Indem man dabei in jeder Ebene, vorteilhafterweise beginnend mit der untersten, separat die Leiterbahnen erzeugt, kann man in einem dreidimensionalen Raum sich kreuzende Leiterbahnen erzeugen, welche keine Verbindung miteinander haben müssen (aber haben können).

20 Es ist auch bekannt, Strukturen mit einem Laserstrahl zu erzeugen, in den leitende Atome (z. B. Chrom-Atome) eingegeben werden, die mit dem Laserstrahl dann nur auf den Stellen auf die Unterlage (z. B. Silizium) gelangen, die von dem Laserlicht bestrichen werden. Auch hier erlaubt es erst die Einrichtung dies in einer annehmbaren Zeit durchzuführen.

25 Die beschriebene Einrichtung zur Belichtung und Materialabtragung einer Oberfläche eines Werkstücks verwendet gleichzeitig mehrere diskrete Teilstrahlen, um eine schnellere Belichtung und Materialabtragung auf der Werkstückoberfläche zu ermöglichen. Die Direktbelichtung der Leiterplatten mit Strahlung (z. B. UV-Laserlicht, UV-Licht oder anderen einsetzbaren Strahlen) führt zu einer Einsparung des Maskenfilms und einer Erhöhung der Strukturgenauigkeit der späteren Leiterbahnen und/oder Löcher und ermöglicht so mit die Erzeugung von Strukturen und Leiterbahnen deutlich unter 100  $\mu\text{m}$  bzw. 50  $\mu\text{m}$  und Löchern mit kleiner als 5  $\mu\text{m}$  Durchmesser in einer sehr kurzen Zeit.

30 Besonders vorteilhaft ist, daß eine Kombination von materieller Bearbeitung (z. B. Löcherbohrung, Kanten- bzw. Vertiefungserzeugung) und Belichten der fotosensitiven Schicht mit ein und derselben Ablage möglich ist.

35 Jeder Teilstrahl wird dabei durch ein ihm zugeordnetes Element einer Ablenkungsanordnung gelenkt, wobei die jeweilige Auslenkung durch eine Steuerungseinrichtung zumindest in einer Achse frei eingestellt werden kann.

40 Dies ermöglicht die gleichzeitige Bestrahlung möglicherweise unterschiedliche Punkte auf einer Oberfläche eines zu bearbeitenden Gegenstandes.

45 Dadurch, daß die Lage der einzelnen Elemente der Ablenkungsanordnung durch eine Steuerung gezielt veränderbar ist und die einzelnen Elemente der Ablenkoptik jeweils diskret zumindest in einer Koordinaten-

50 55 60 65

richtung in ihrer Lage versetzbare sind, erhält man weit über den bisherigen Stand der Technik gehende Geschwindigkeiten der Bestrahlung sowie gleichzeitig neue Möglichkeiten, da die Veränderung der Ablenkung sowohl statisch (d. h. jeweils nach einer Belichtung) als auch dynamisch (d. h. während der Belichtung) erfolgen kann.

Es kann nicht nur eine punktförmige Bestrahlung erfolgen, sondern gleichzeitig können linienhafte Strukturen und Leiterbahnen auf der Werkstückoberfläche erzeugt werden.

Durch die Erfindung ist es möglich, eine wesentlich schnellere Einrichtung zu erhalten, da gleichzeitig an mehreren, frei wählbaren Stellen auf der Oberfläche des Werkstücks belichtet bzw abgetragen werden kann. Diese Stellen brauchen beim nachfolgenden Werkstück nicht an derselben Stelle liegen sondern können frei bestimmt werden.

Wenn die Strahlen vor der Ablenkanordnung zueinander definiert oder sogar symmetrisch angeordnet sind, kann diese in der Bestrahlungssachse verschoben werden, ohne daß dies eine negative Auswirkung auf der Werkstückoberfläche hat.

Eine kompakte Anlage erhält man, wenn die Drehpunkte der Elemente der Ablenkeinrichtung alle in einer Ebene angeordnet sind. Dies hat aber optische Nachteile.

Ordnet man die Elemente der Ablenkeinrichtung hingegen auf einer Parabel an, so verlaufen alle Strahlen im Bestrahlungsraum telezentrisch und sind gleichmäßig verteilt. Diese Vorteile erkauft man sich mit dem Nachteil, daß man eine unterschiedliche Schnittweite pro Strahl erhält, woraus ein Schärfeproblem resultiert.

Dies kann vermieden werden, wenn man die Elemente der Ablenkeinrichtung derart sphärisch anordnet, daß die von ihnen weggehenden Strahlen sich zumindest näherungsweise in einem Fokuspunkt schneiden, welcher zumindest näherungsweise in der Mitte der Auffangmaske liegt. Die Oberfläche der Elemente der Ablenkeinrichtung kann dabei sphärisch gestaltet sein. Dies hat gegebenenfalls den Nachteil höherer Kosten.

Wenn die von den Elementen der Ablenkungsanordnung kommenden Teilstrahlen zu ihrem jeweiligen Hauptstrahl symmetrisch sind, kann man den zu bearbeitenden Oberflächenbereich frei wählen. Dabei muß aber der Abstand zwischen dem Scan-Objektiv und der zu bearbeitenden Oberfläche fest bleiben.

In der Ablenkungsanordnung können als ablenkende Elemente beugende und/oder reflektierende Elemente verwendet werden. Diese Elemente haben den Vorteil, daß sie mit dem bekannten Stand der Technik sehr kostengünstig hergestellt werden können.

Ist die Ablenkungsanordnung aus reflektierenden Elementen aufgebaut, so können insbesondere elektromagnetische Strahlen sehr gut abgelenkt werden. Als reflektierende Elemente eignen sich insbesondere Spiegel.

Die Ablenkungsanordnung ist aus Segmenten aufgebaut. Dies erlaubt eine sehr kostengünstige Herstellung. Dabei sollte jedes der Segmente einzeln in mindestens einer oder zumindest um mindestens eine Koordinatenachse beweglich sein. Eine Beweglichkeit in der zur Ablenkfläche orthogonalen Koordinatenachse ermöglicht dabei eine Höhenvariation jedes einzelnen Fokus auf der Werkstückoberfläche. Eine Beweglichkeit um eine Koordinatenachse ermöglicht eine Lageänderung der Strahlen in der Bearbeitungsebene.

Vorteilhaft ist, wenn die Segmente in oder um zwei

Koordinatenachsen beweglich sind. Dies ermöglicht die Bestrahlung aller Punkte auf der Werkstückoberfläche und nicht nur die Bestrahlung von Punkten auf einer Bestrahlungslinie.

Die Oberfläche des reflektierenden Elements kann plan sein, damit mit möglichst geringer Strahlenbeeinflussung sowohl die an kommenden, als auch die reflektierten Strahlbündel der Strahlen einen parallelen Verlauf haben können.

Hinter der Ablenkungseinrichtung sollte eine abbildende Optik, welche man Scan-Objektiv nennen kann, angeordnet sein, damit die Strahlen möglichst senkrecht auf die zu bearbeitende Oberfläche des Werkstücks einfallen.

Die Oberflächen der Elemente der Ablenkanordnung können aber auch so geformt sein (z. B. bei der Verwendung von Spiegeln), daß ein reflektierter Strahl auf der Oberfläche der Werkstücke durch die Elemente der Ablenkanordnung fokussiert wird. Dann kann auf ein Scan-Objektiv gegebenenfalls verzichtet werden.

Die Strahlen sind vorteilhafterweise aus Laserlicht, da für Laserlicht sehr gute Strahlenführungstechniken zu geringen Kosten bekannt sind und bei geeigneter Auswahl der Wellenlänge sowohl die Belichtung des Resist als auch eine Materialabtragung ermöglichen. Laserstrahlen haben den weiteren Vorteil, daß sie leicht gelenkt werden können und sich mit preiswerten Optiken verändern läßt. Aber es sind auch andere teilbare Strahlbündel verwendbar (z. B. Elektronenstrahlen, Röntgenstrahlen, usw.).

Insbesondere wenn die Strahlen aus Laserlicht bestehen, so ist es vorteilhaft, wenn die Anordnung für jeden Teilstrahl eine diskrete Ablenoptik beinhaltet.

Dabei sollte in dieser Ablenkanordnung ein beugendes Element enthalten sein. Dies ermöglicht die Verwendung von zueinander zumindest definiert oder symmetrisch auf die Ablenkanordnung einfallenden Strahlbündel, welche erst durch die Ablenkanordnung auf der Oberfläche des Werkstücks fokussiert werden. Dieses beugende Element befindet sich vorzugsweise auf oder hinter einem reflektierenden Element, damit es von vielen Teilstrahlen gleichzeitig verwendet werden kann.

Hinter dem Laser ist ein Strahlhomogenisierer vorteilhaft, damit die vom Laser kommende Strahlung für alle Teilstrahlen eine gleich große Energiedichte besitzt. Ein möglicher Strahlhomogenisierer ist z. B. aus der DE-PS 39 18 293 bekannt. Mit ihm kann man sicherstellen, daß aus einem Laserstrahl eine erzeugte Vielzahl von Teilstrahlen eine gleich große Intensität besitzen.

Der Laser kann im gepulsten Betrieb betrieben sein, da man mit gepulsten Lasern zum einen eine höhere Leistung bei geringerem Aufwand erzielen kann, zum anderen kann man mit gepulsten Strahlen gezielter eine Oberflächenbestrahlung durchführen (z. B. Verhinderung des unerwünschten Blooming bzw. Verhinderung der unerwünschten thermischen Nebenwirkungen am Werkstück). Jedoch sind kontinuierliche Strahlen, insbesondere beim Belichten, vorzuziehen.

Bei der gepulsten Betriebsweise wird die Intensität eines Laserblitzes so gewählt, daß gerade eine ausreichende Belichtung erfolgt. Dies erlaubt die Erzeugung von linienhaften Strukturen und Leiterbahnen auf der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks mit gleichbleibender Breite.

Wenn eine Strahlauflösungsanordnung vorhanden ist, welche zumindest einen Strahl in mehrere diskrete Teilstrahlen aufteilt, verringert sich die Anzahl der benötigten Strahlenquellen drastisch. Dadurch wird ein

starken Strahl in mehrere schwächere Strahlen aufgeteilt, welche jeweils eine ausreichende Energiedichte aufweisen. Dies ermöglicht die Senkung der Kosten für die Erzeugung der Teilstrahlen. Die Strahlaufteilungsanordnung ist dabei vorzugsweise vor der steuerbaren Ablenkungsanordnung angeordnet.

Einen sehr einfachen Aufbau erhält man, wenn die Strahlaufteilungsanordnung aus mehreren Linsen aufgebaut ist. Dieser leichte Aufbau wird unterstützt, wenn man die Strahlaufteilungsanordnung aus zwei Arrays aufgebaut, welche dafür sorgen, daß nach der Strahlaufteilungsanordnung die einzelnen Strahlen einen gewissen Abstand zueinander haben.

Um eine Fläche individuell möglichst schnell bearbeiten zu können, erfolgt eine Aufteilung der Teilstrahlen flächig. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Strahlaufteilungsanordnung aus einem Array aufgebaut ist, welches eine zweidimensionale Verteilung der erzeugten Teilstrahlen auf der Oberfläche des Werkstücks erzeugt.

Hinten der Strahlaufteilungsanordnung ist ein optisches Vergrößerungssystem angeordnet, um die Dimensionierung des Bestrahlungsfeldes der Dimensionierung der Ablenkungsanordnung anzupassen.

Die Strahlen treffen die Oberfläche von zu bearbeitenden beschichteten Leiterplatten unter einem Winkel  $\alpha$ , welcher den jeweiligen Erfordernissen angepaßt ist. Die beschriebene Anlage ermöglicht dabei Winkel  $\alpha$ , welche sehr klein sind (z. B. kleiner als  $5^\circ$ ). Dies sorgt für eine gleichmäßige Breite der zu erzeugenden Leiterbahnen und für eine gute Formtreue der Bereiche, z. B. Löcher oder Linien.

Die Lage der Orte auf der Oberfläche des Werkstücks kann bei der Belichtung statisch oder dynamisch durch eine steuerbare Ablenkeinrichtung verändert werden.

Der Belichtungslaser und der Laser zum Materialabtrag sollten identisch sein, um die optischen Berechnungen zu erleichtern. Wahlweise kann man aber auch verschiedene Laser nehmen.

Die Wellenlänge des Lasers sollte zwischen 193 nm und 12  $\mu\text{m}$  liegen und die Energiedichten auf der Oberfläche des Werkstücks bei rund 750–3000  $\text{mJ/cm}^2$  zum Materialabtrag bzw. bei rund 5–130  $\text{mJ/cm}^2$  zur Resistbelichtung liegen.

#### Patentansprüche

45

1. Verfahren zur Bestrahlung einer Oberfläche (11a) eines Werkstücks (11) unter Verwendung von mehreren diskreten Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestrahlung eine Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht auf einer Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) erfolgt und daß jeder Teilstrahl (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) einzeln oder in Kombination mit anderen zur Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht durch ein ihm zugeordnetes Element (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) einer Ablenkungsanordnung (6) gelenkt wird, wobei die gleichzeitige Bestrahlung unterschiedlicher Punkte und Zonen auf einer Oberfläche (11a) eines zu bearbeitenden Gegenstandes (11) möglich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Elemente (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) der Ablenkkoptik (6) jeweils diskret zumindest in einer Koordinatenrichtung in ihrer Lage verstellbar werden können.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) vor der

Ablenkanordnung (6) zueinander determiniert oder symmetrisch angeordnet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Belichtungsstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) Laserlicht verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Laserlicht des Lasers (2.1) vor dem Auftreffen auf die Oberfläche (11a) des Werkstücks (11) durch einen Strahlhomogenisierer (2.3) homogenisiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität eines Laserstrahls so gewählt wird, daß keine unbeabsichtigte Belichtung angrenzender Bereiche erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine dreidimensionale Verteilung der erzeugten Teilstrahlen ((2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), (2.2<sub>1</sub>, ..., 2.2<sub>N</sub>)) durch eine Strahlaufteilungsanordnung (4) aus einem Array (4.1, 4.2) erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in die Materialbestrahlungseinrichtung zur Belichtung eine mit einem fotoempfindlichen Resistmaterial überzogene Leiterplatte eingeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtungsstrahlen durch ein Zornsysteem (5) einen variabler Strahldurchmesser in der Bearbeitungsebene erhalten.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge der Belichtungsstrahlen bei der Belichtung zwischen 300 und 400 nm beträgt.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestrahlung nacheinander oder gleichzeitig eine Materialabtragung und eine Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht auf einer Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) erfolgt.

12. Materialbestrahlungseinrichtung (1) zur Bestrahlung einer Oberfläche (11a) eines Werkstücks (11) unter Verwendung von mehreren diskreten Teilstrahlen (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>), dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teilstrahl (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) durch ein ihm zugeordnetes Element (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) einer Ablenkungsanordnung (6) gelenkt ist, wobei die gleichzeitige Bestrahlung möglicherweise unterschiedlicher Punkte und Zonen auf einer Oberfläche (11a) eines zu bearbeitenden Gegenstandes (11) möglich ist, daß die Lage der einzelnen Elemente (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) der Ablenkoptik (6) durch eine Steuerung (13) gezielt veränderbar ist und daß die einzelnen Elemente (6<sub>1</sub>, ..., 6<sub>N</sub>) der Ablenkoptik (6) jeweils diskret zumindest in einer Koordinatenrichtung in ihrer Lage verstellbar sind, wobei bei der Bestrahlung eine Belichtung einer fotoempfindlichen Schicht auf einer Oberfläche (11a) des zu bearbeitenden Gegenstandes (11) erfolgt.

13. Materialbestrahlungseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Einrichtung eine Einrichtung zur Veränderung der Energiedichte zumindest eines Teilstrahls (2.1<sub>1</sub>, ..., 2.1<sub>N</sub>) vorhanden ist, um entweder eine Belichtung unterschiedlicher fotoempfindlicher Schichten und/oder eine Materialabtragung zu ermöglichen.

14. Materialbestrahlungseinrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der Einrichtung mindestens eine zusätzliche Strahlerzeugungseinrichtung zur Erzeugung minde-

stens eines Teilstrahls ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) vorhanden ist, welcher eine Materialabtragung ermöglicht.

15. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–14, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) vor der Ablenk-anordnung (6) zueinander determiniert oder sym-metrische angeordnet sind.

16. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–15, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehpunkte der Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablenkeinrichtung (6) alle auf einer durchaus ge-wölbten Ebene angeordnet sind.

17. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–16, dadurch gekennzeichnet, daß die auf die Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablen-kungsanordnung (6) fallenden Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) zu ihrem jeweiligen Hauptstrahl achsensym-metrisch sind.

18. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–17, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Elementen ( $6_1, \dots, 6_N$ ) der Ablen-kungsanordnung (6) kommenden Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) zu ihrem jeweiligen Hauptstrahl achsen-symmetrisch sind.

19. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–18, dadurch gekennzeichnet, daß in der Ablenkungsanordnung (6) als ablenken-de Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) beugende und/oder reflek-tierende Elemente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) verwendet sind.

20. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–19, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungsanordnung (6) aus reflektieren-den Elementen (6) aufgebaut ist.

21. Materialbestrahlungseinrichtung nach An-spruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das reflek-tierende Element ( $6_1, \dots, 6_N$ ) ein Spiegel ist.

22. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 19–21, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungsanordnung (6) aus Segmenten ( $6_1, \dots, 6_N$ ) aufgebaut ist.

23. Materialbestrahlungseinrichtung nach An-spruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Seg-mente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) einzeln beweglich in oder um zumindest einer Koordinatenachse sind.

24. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente ( $6_1, \dots, 6_N$ ) in oder um zwei Ko-ordinatenachsen beweglich sind.

25. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 19–24, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (6.2) des reflektierenden Ele-ments ( $6_1, \dots, 6_N$ ) plan ist.

26. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–25, dadurch gekennzeichnet, daß hinter der Ablenkungseinrichtung (6) eine ab-bildende Optik (9) angeordnet ist.

27. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–26, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtungsstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) aus La-serlicht sind.

28. Materialbestrahlungseinrichtung nach An-spruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß hinter dem Laser (2.1) ein Strahlhomogenisierer (2.3) ange-bracht ist.

29. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (2.1) im gepulsten Betrieb verwendet ist.

5

15

40

60

30. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 27–29, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität eines Laserstrahls so gewählt ist, daß keine unbeabsichtigte Belichtung angrenzen-der Bereiche erfolgt.

31. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–30, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Strahlaufteilungsanordnung (4) vorhanden ist, welche zumindest einen Haupt-strahl (2.1) in mehrere diskrete Teilstrahlen ( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ) aufteilt, und daß die Strahlaufteilungsan-ordnung (4) vor der steuerbaren Ablenkungsanord-nung (6) angeordnet ist.

32. Materialbestrahlungseinrichtung nach An-spruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Strah-laufteilungsanordnung (4) aus mehreren Linsen (4.11, 4.21) aufgebaut ist.

33. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlaufteilungsanordnung (4) aus zwei Arrays (4.1, 4.2) aufgebaut ist, welche dafür sorgen, daß nach der Strahlaufteilungsanordnung (4) die einzelnen Strahlen (( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ), ( $2.2_1, \dots, 2.2_N$ )) einen gewissen Abstand zueinander haben.

34. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 31–33, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlaufteilungsanordnung (4) aus einem Array (4.1, 4.2) aufgebaut ist, welches eine dreidi-mensionale Verteilung der erzeugten Teilstrahlen ( $(2.1_1, \dots, 2.1_N), (2.2_1, \dots, 2.2_N)$ ) erzeugt.

35. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 31–34, dadurch gekennzeichnet, daß hinter der Strahlaufteilungsanordnung (4) ein optisches Vergrößerungssystem (5) angeordnet ist.

36. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–35, dadurch gekennzeichnet, daß in die Materialbestrahlungseinrichtung zur Be-lichtung eine mit einem fotoempfindlichen Resist-material überzogene Leiterplatte eingeführt ist.

37. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–36, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenverlauf der Teilstrahlen (( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ), ( $2.2_1, \dots, 2.2_N$ )) vor der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche ein telezentrischer Verlauf ist.

38. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–37, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstrahlen (( $2.1_1, \dots, 2.1_N$ ), ( $2.2_1, \dots, 2.2_N$ )) das zu bearbeitende Teil unter einem Winkel  $\alpha$  treffen, welcher den jeweiligen Anforderungen der Materialbearbeitung/-belichtung genügt und vor-teilhafter weise kleiner als  $5^\circ$  ist.

39. Materialbestrahlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 12–38, dadurch gekennzeichnet, daß in der Einrichtung (1) ein Zoomsystem (5) ent-halten ist zur Erzeugung variabler Strahldurchmes-ser in der Bearbeitungsebene.

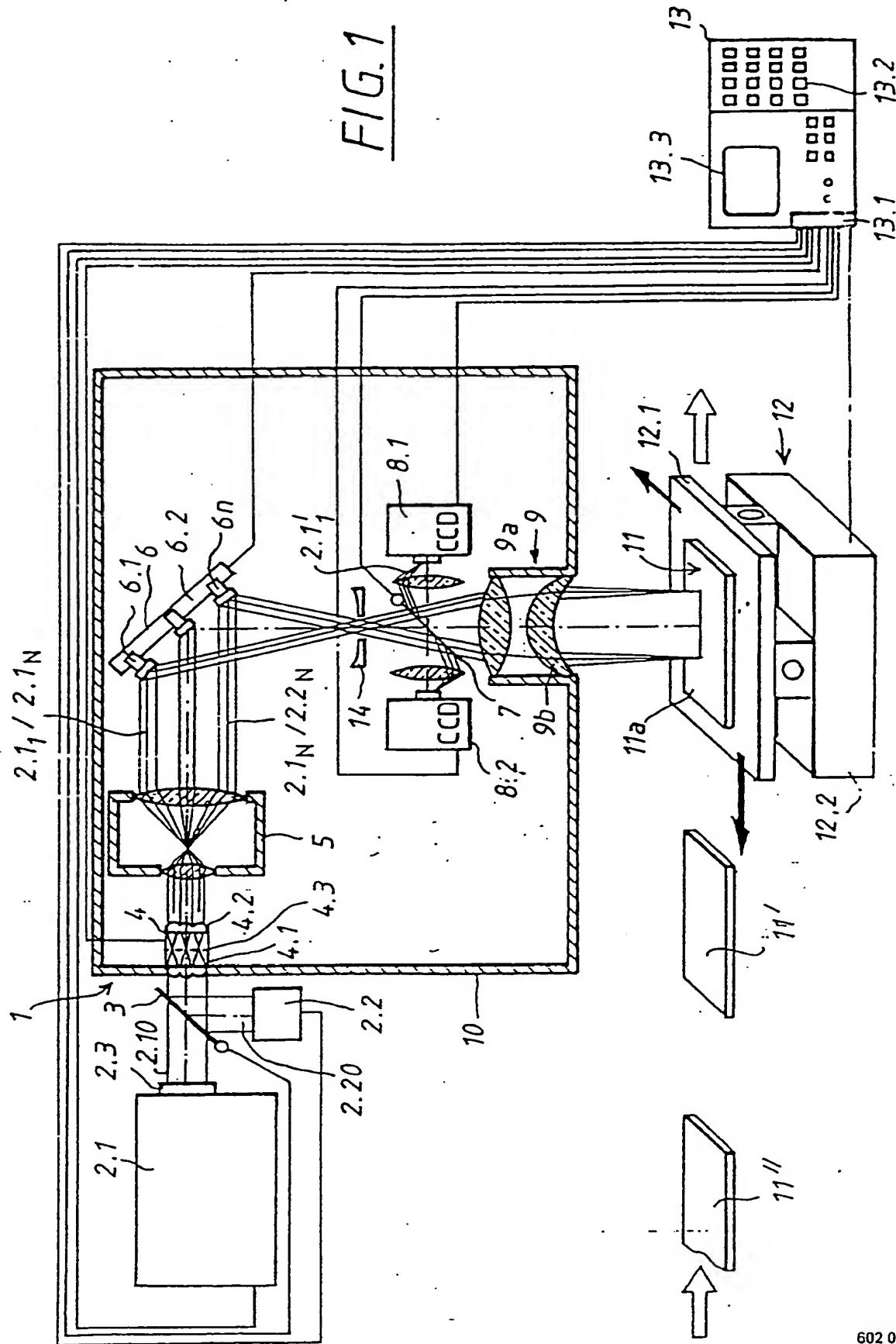
FIG. 1

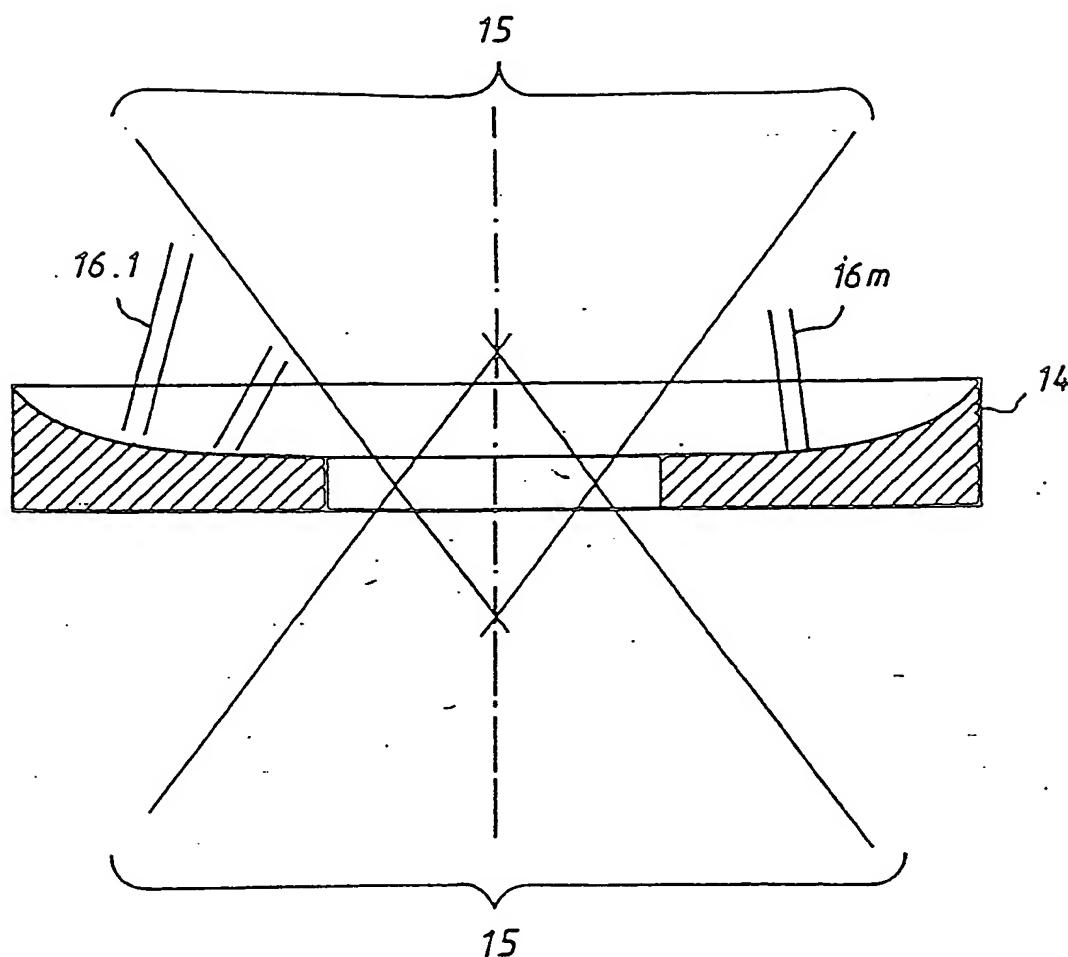
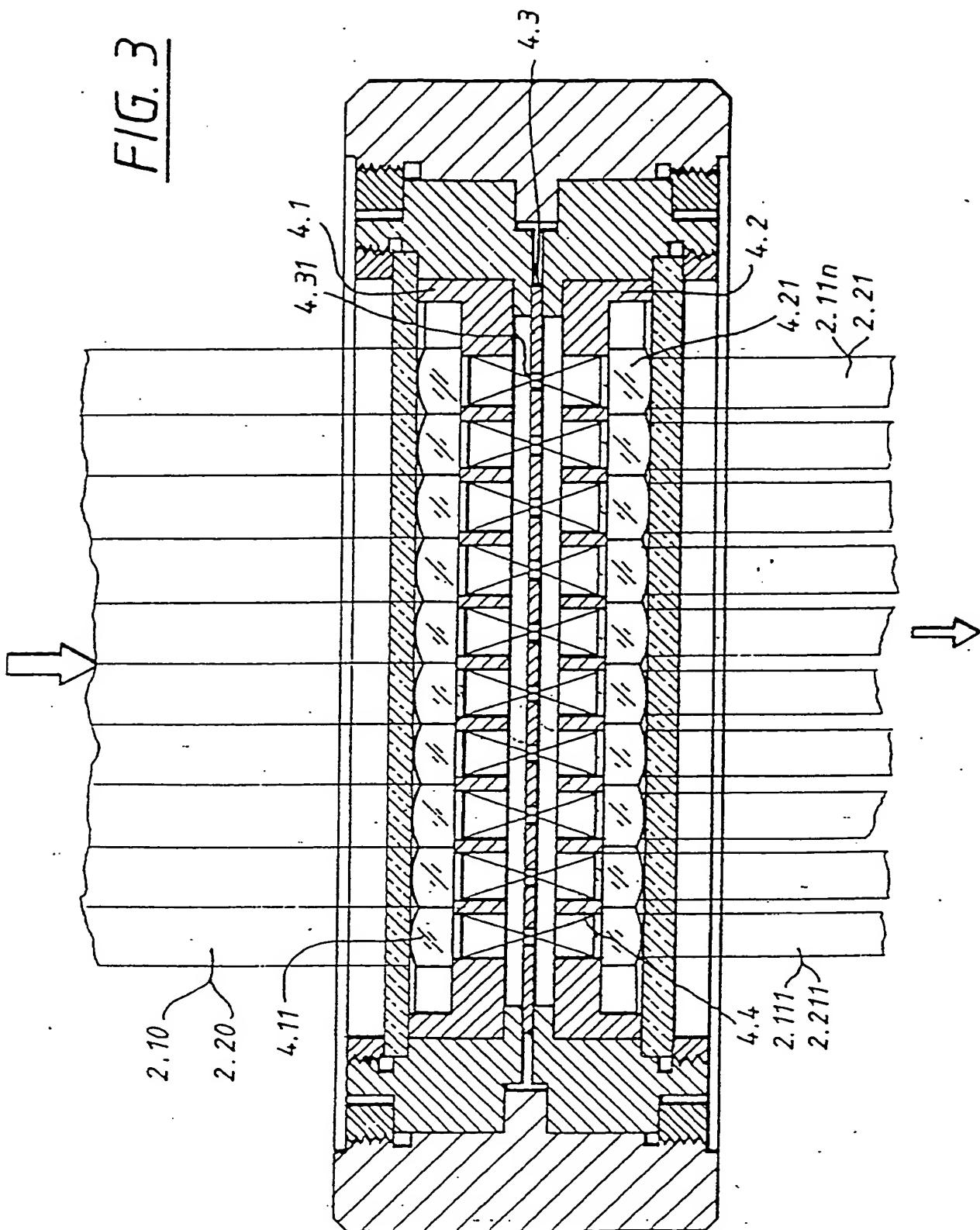
FIG. 2

FIG. 3

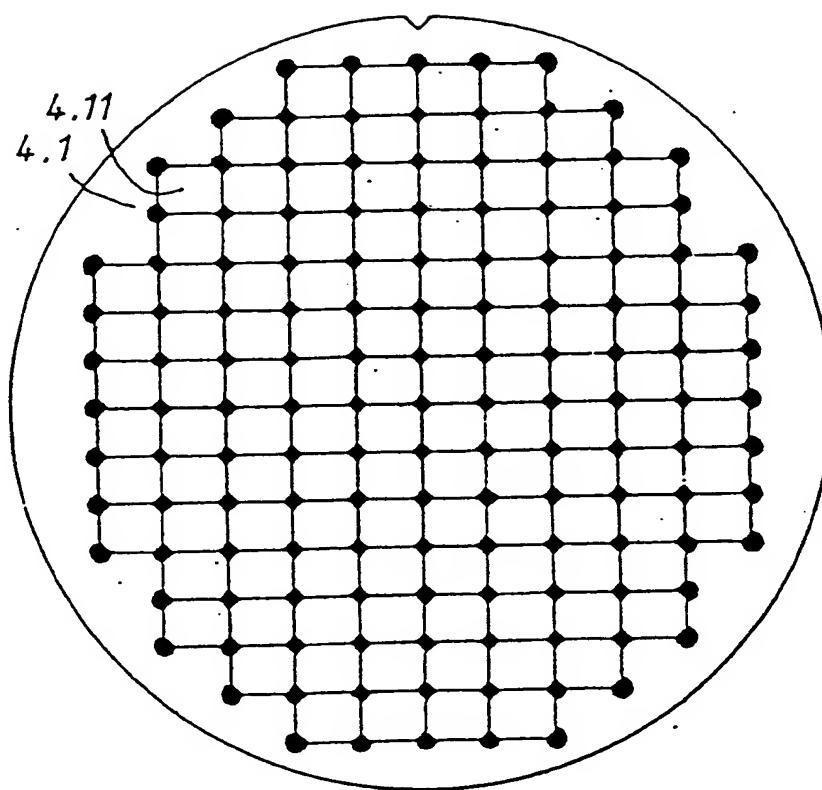


FIG. 4

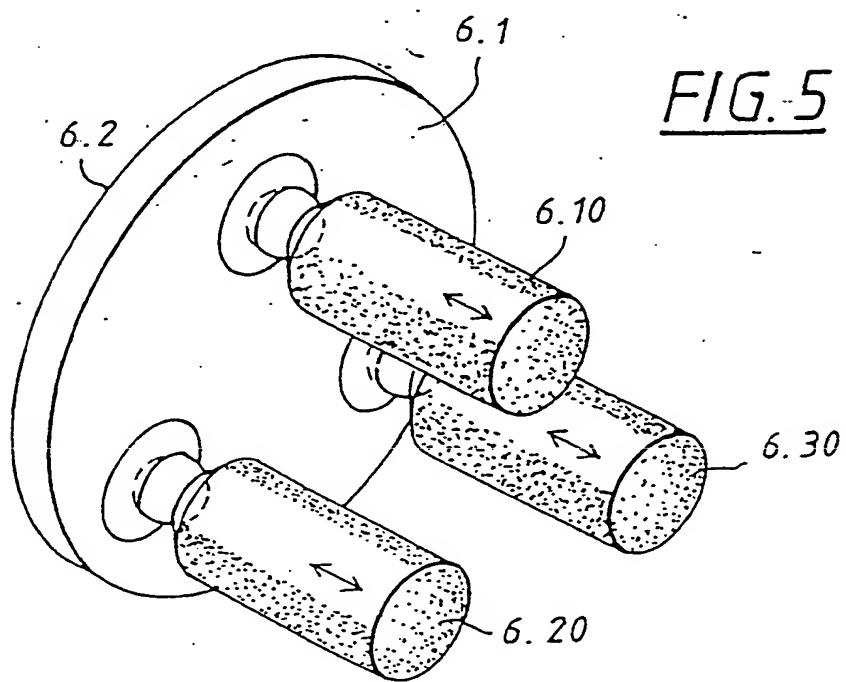


FIG. 5

FIG. 6